

#2

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of)	
Katsuhiko GOTO)	
Application No.: Unassigned)	Group Art Unit: Unassigned
Filed: January 2, 2002)	Examiner: Unassigned
For: Optical Module And Method Of)	
Producing The Optical Module)	
)	
)	
)	
)	

J1040 U.S. PRO
10/032445
01/02/02

CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2001-280271

Filed: September 14, 2001

In support of this claim, enclosed is a certified copy of said prior foreign application. Said prior foreign application was referred to in the oath or declaration. Acknowledgment of receipt of the certified copy is requested.

Respectfully submitted,

BURNS, DOANE, SWECKER & MATHIS, L.L.P.

Date: January 2, 2002

By: William C. Lowery, RN 30888, for
Platon N. Mandros
Registration No. 22,124

P.O. Box 1404
Alexandria, Virginia 22313-1404
(703) 836-6620

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

J1040 U.S. PTO

10/032445



01/02/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 9月14日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-280271

出 願 人

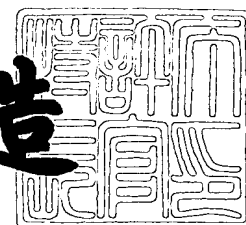
Applicant(s):

三菱電機株式会社

2001年10月19日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3091768

【書類名】 特許願

【整理番号】 533712JP01

【提出日】 平成13年 9月14日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 31/0232

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 後藤 勝彦

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100066474

【弁理士】

【氏名又は名称】 田澤 博昭

【選任した代理人】

【識別番号】 100088605

【弁理士】

【氏名又は名称】 加藤 公延

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 020640

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光モジュールおよび光モジュールの生産方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 受光面を有する受光素子と、

上記受光素子が固定された一側面を有する第1の保持部と、

上面に形成され光ファイバを保持するための第1の溝と、上記上面に形成され且つ一側面から上記第1の溝まで延びて上記第1の溝に接続された第2の溝とを有する第2の保持部とを備え、

上記第1の保持部の上記一側面が上記第2の保持部の上記一側面に固定されているとともに、上記受光素子の少なくとも一部が上記第2の溝に収容された光モジュール。

【請求項2】 第2の保持部は、第1の溝に保持される光ファイバの端部から出射される光により受光素子の受光面上に生成されるであろうスポットの中心位置を実質的に指示する位置指示手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の光モジュール。

【請求項3】 第2の保持部の位置指示手段は、第1の溝に保持される光ファイバの光軸と上記第2の保持部の一側面とが交差する交差点を実質的に指示する2つのマークであることを特徴とする請求項2記載の光モジュール。

【請求項4】 2つのマークは、第2の保持部の上面であって第1の溝の両側に該第1の溝から等距離の位置にそれぞれ形成されており且つ上記第2の保持部の一側面から延びている同一の断面形状を有する2つの溝であることを特徴とする請求項3記載の光モジュール。

【請求項5】 2つの溝の断面形状はV字形状であることを特徴とする請求項4記載の光モジュール。

【請求項6】 受光素子は、受光面の位置を指示する位置指示手段を有することを特徴とする請求項2から請求項5のうちのいずれか1項記載の光モジュール。

【請求項7】 受光素子の位置指示手段は、受光面の周囲に設けられた2つのマークであることを特徴とする請求項6記載の光モジュール。

【請求項 8】 第 1 の溝は、第 1 の保持部の一側面が固定された第 2 の保持部の一側面に対して傾斜していることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のうちのいずれか 1 項記載の光モジュール。

【請求項 9】 第 1 の保持部は、受光素子が固定された一側面に垂直な底面が、第 2 の保持部の第 1 の溝が形成された上面に対向する底面より上方にあるような寸法で形成されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のうちのいずれか 1 項記載の光モジュール。

【請求項 10】 第 2 の保持部はシリコン基板から成ることを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のうちのいずれか 1 項記載の光モジュール。

【請求項 11】 第 1 の保持部の一側面の一部は第 2 の保持部の一側面に接着剤により接着されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 10 のうちのいずれか 1 項記載の光モジュール。

【請求項 12】 第 2 の保持部および第 1 の保持部の底面が接着される内壁を有した、上記第 2 の保持部および上記第 1 の保持部を収納するためのパッケージを備えたことを特徴とする請求項 1 から請求項 11 のうちのいずれか 1 項記載の光モジュール。

【請求項 13】 第 1 の保持部の一側面に受光素子を固定する受光素子固定工程と、

上記第 1 の保持部に固定された上記受光素子の受光面の位置を計測する受光面位置計測工程と、

第 2 の保持部の上面に形成された第 1 の溝に保持される光ファイバから出射される光により上記受光素子の上記受光面上に生成されるであろうスポットの中心位置を実質的に計測するスポット位置計測工程と、

上記受光面位置計測工程で計測された上記受光面の位置と上記スポット位置計測工程で計測された上記スポットの中心位置とに基づいて、上記第 1 の保持部および上記第 2 の保持部が相対的に位置合わせする位置合わせ工程と、

上記位置合わせ工程が終了した後、上記第 1 の保持部の上記一側面と上記第 2 の保持部の一側面とを互いに固定する固定工程と

を備えた光モジュールの生産方法。

【請求項 1 4】 スポット位置計測工程は、第 1 の溝に保持される光ファイバの端部から出射される光により受光素子の受光面上に生成されるであろうスポットの中心位置を実質的に指示する、第 2 の保持部に設けられた位置指示手段を用いて上記スポットの中心位置を実質的に計測する工程であることを特徴とする請求項 1 3 記載の光モジュールの生産方法。

【請求項 1 5】 位置指示手段は、第 1 の溝に保持される光ファイバの光軸と第 1 の保持部の一側面が固定される第 2 の保持部の一側面とが交差する交差点を実質的に指示する 2 つのマークであることを特徴とする請求項 1 4 記載の光モジュールの生産方法。

【請求項 1 6】 2 つのマークは、第 2 の保持部の上面であって第 1 の溝の両側に該第 1 の溝から等距離の位置にそれぞれ形成されており且つ上記第 2 の保持部の一側面から延びている同一の断面形状を有する 2 つの溝であることを特徴とする請求項 1 5 記載の光モジュールの生産方法。

【請求項 1 7】 スポット位置計測工程は、2 つのマークを撮影し、得られた画像を処理することにより上記 2 つのマークの位置を計測し、上記 2 つのマークの中間点の位置に基づき上記スポットの中心位置を求める工程であることを特徴とする請求項 1 5 または請求項 1 6 記載の光モジュールの生産方法。

【請求項 1 8】 受光面位置計測工程は、受光素子の受光面の形状に基づいて上記受光面の位置を計測する工程であることを特徴とする請求項 1 3 から請求項 1 7 のうちのいずれか 1 項記載の光モジュールの生産方法。

【請求項 1 9】 受光面位置計測工程は、受光素子を撮影し、得られた画像を処理することにより受光面の形状を認識し、その重心位置を上記受光面の位置とする工程であることを特徴とする請求項 1 8 記載の光モジュールの生産方法。

【請求項 2 0】 受光面位置計測工程は、受光素子に予め設けられた 2 つのマークの位置を計測することにより受光面の位置を計測する工程であることを特徴とする請求項 1 3 から請求項 1 7 のうちのいずれか 1 項記載の光モジュールの生産方法。

【請求項 2 1】 受光面位置計測工程は、2 つのマークを撮影し、得られた画像を処理することにより上記 2 つのマークの位置を計測する工程であることを

特徴とする請求項 2 0 記載の光モジュールの生産方法。

【請求項 2 2】 固定工程は、第 1 の保持部の一側面の一部を第 2 の保持部の一側面に接着することにより固定する工程であることを特徴とする請求項 1 3 から請求項 2 1 のうちのいずれか 1 項記載の光モジュールの生産方法。

【請求項 2 3】 第 1 の保持部に受光素子を固定する受光素子固定工程と、第 2 の保持部の上面に形成された第 1 の溝に光ファイバを設置するとともに、上記光ファイバの一端にレーザ光源を接続する光源設置工程と、

上記レーザ光源から出射され上記光ファイバの他端から出力されたレーザ光が上記受光素子に最適に入射するように上記第 1 の保持部および上記第 2 の保持部を相対的に位置合わせする位置合わせ工程と、

上記位置合わせ工程が終了した後、上記第 1 の保持部と上記第 2 の保持部とを互いに固定する固定工程と

を備えた光モジュールの生産方法。

【請求項 2 4】 第 1 の保持部に P D（フォトダイオード）を固定する受光素子固定工程と、

第 2 の保持部の上面に形成された第 1 の溝に光ファイバを設置するとともに、上記光ファイバの一端に受光した光に応じた信号を出力する受光器を接続する受光器設置工程と、

上記 P D に順方向電圧を印加して上記 P D を発光させる P D 発光工程と、

上記 P D から出射した光を上記光ファイバの他端から入射させ、上記受光器が出力する信号に応じて上記第 1 の保持部および上記第 2 の保持部を相対的に位置合わせする位置合わせ工程と、

上記位置合わせ工程が終了した後、上記第 1 の保持部と上記第 2 の保持部とを互いに固定する固定工程と

を備えた光モジュールの生産方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

この発明は P D（フォトダイオード）などの受光素子と光ファイバとをオプチ

カルベンチ (Optical Bench) を用いて光学結合させる光モジュールおよびその生産方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

光ファイバ通信システムの加入者系などでは低価格のSMT (Surface Mount Technology) 光モジュールが必要とされる。このような光モジュールを組み立てるために、シリコン基板に光ファイバを支持するためのV字形状の溝や受光素子実装用の位置合わせマークなどを高精度に加工したオプチカルベンチを用いて、光ファイバの光軸調整 (アクティブアライメント) を行うことなく高精度に受光素子を位置決めして無調整で受光素子および光ファイバを実装する低コストな方法 (パッシブアライメント) が実現されている。

【0003】

図14は特開平11-23913号公報に開示された、パッシブアライメントで受光素子と光ファイバとが高精度で位置合わせされる、従来の光モジュールのオプチカルベンチの構造を示す斜視図であり、図15は受光素子および光ファイバが実装されたその従来の光モジュールを示す斜視図である。これらの図において、50はオプチカルベンチであり、51はオプチカルベンチ50の上面に形成された光ファイバ53を保持するための断面がV字形状である第1の溝であり、52は第1の溝51に接続されており、オプチカルベンチ50の上面から一側面にわたって形成された受光素子54を実装するための第2の溝であり、第2の溝52は受光素子54が固定される斜面55を形成している。図16(a), (b)は図14および図15に示す従来の光モジュールの使用例を示す側面図および平面図である。これらの図において、56は受光素子54の出力を増幅するためのプリアンプであり、57はプリアンプ56上に設けられたボンディングパッドであり、58は受光素子54の電極とボンディングパッド57を電氣的に接続するためのワイヤである。

【0004】

図15に示す光モジュールの斜面55に固定された受光素子54と第1の溝51に設置された光ファイバ53の位置関係は、オプチカルベンチ50への受光素

子54の実装精度に依存する。受光素子54は第2の溝52の斜面55の底部が受光素子54の外形と一致する様に加工されているので、実装精度は第2の溝52の加工精度と受光素子54の切り出し精度とで決まり、 $\pm 1 \mu\text{m}$ 程度である。また、図示してはいないが、上記特開平11-23913号公報は、アラインメントパターン（すなわちマーク）を用いて受光素子54をオプチカルベンチ50へ位置合わせする方法も開示しているが、これによっても、サブ μm オーダの精度が得られるとしている。

【0005】

図16(a)に示すように、受光素子54のワイヤ58が接続される面は斜めになっているので、受光素子54のその面にワイヤ58を打つためには、受光素子54のその面が水平になるようにサブアセンブリを傾ける特別なワイヤボンディング装置が必要になる。

【0006】

図17は他の従来の光モジュールの光結合部分の構造を示す斜視図であり、図18は図17に示す光結合部分が実装された光モジュールのパッケージを示す部分断面図である。これらの図において、40は受光表面42を有するPDなどの受光素子であり、41は受光素子40が固定された一側面を有する受光素子保持部であり、43はシリコン基板から成るオプチカルベンチであり、45はオプチカルベンチ43の上面に形成された位置合わせ用マークであり、47はオプチカルベンチ43の上面に形成された光ファイバ46を保持するための断面がV字形状である溝である。

【0007】

次に図17に示すような光結合部分を有する光モジュールの生産方法について説明する。まず、受光素子40は受光素子保持部41の一側面に接着される。このとき、受光素子保持部41の外形を基準として、受光素子40は受光素子保持部41の上記側面上で位置決めされる。このとき、受光素子保持部41のエッジは図14では直角になっているが実際には所定のRがついているので受光素子保持部41の外形は明瞭に認識され得ない。したがって、受光素子40の位置決めには誤差が生じ、その位置精度は横方向（すなわち図17のx軸方向）、高さ方

向（すなわち図14のy軸方向）ともに $\pm 10 \mu\text{m}$ 程度である。

【0008】

一方、上記したように、オプチカルベンチ43には光ファイバ46を支持する溝47と2つの位置合わせ用マーク45とが形成されている。溝47および2つの位置合わせ用マーク45は写真製版で正確に作製されるので、溝47と2つの位置合わせ用マーク45との間には正確な位置関係が成り立つ。

【0009】

受光素子40が受光素子保持部41に接着された後、オプチカルベンチ43がパッケージ48に実装される。そして、図示しないカメラにより2つの位置合わせ用マーク45を含むオプチカルベンチ43の上面が撮影され、得られた画像が処理されて2つの位置合わせ用マーク45が画像認識される。次に、画像認識された2つの位置合わせ用マーク45に基づき、受光素子40の受光面42の中心が光ファイバ46の光軸上にあるように受光素子保持部41が図17のx軸およびz軸方向に関してのみ位置合わせされてパッケージ48内に実装される。このときも、受光素子保持部41の外形を基準に位置決めが行われるので、オプチカルベンチ43に対する受光素子保持部41の位置決めには誤差が生じ、横方向（すなわちx軸方向）の位置精度は $\pm 10 \mu\text{m}$ 程度である。

【0010】

この結果、受光素子40の受光面42の中心と光ファイバ46の光軸との位置関係に生じる誤差は以下になる。横方向（すなわち図17のx軸方向）に関しては、受光素子40を受光素子保持部41に接着するときの誤差 $\pm 10 \mu\text{m}$ と、受光素子保持部41をパッケージ48内に実装するときの誤差 $\pm 10 \mu\text{m}$ との合計で $\pm 20 \mu\text{m}$ 程度の誤差が生じる。他方、高さ方向（図17のy軸方向）に関しては、受光素子40を受光素子保持部41に接着するときの誤差 $\pm 10 \mu\text{m}$ と、光ファイバ46を保持しているオプチカルベンチ43の厚みのばらつきによる光ファイバ46の光軸の高さ方向の $\pm 20 \mu\text{m}$ 程度の変動との合計で $\pm 30 \mu\text{m}$ 程度の誤差が生じる。

【0011】

図19は特開昭63-15478号公報に開示された他の従来の光モジュール

の構造を示す部分断面図であり、図20は図19に示す従来の光モジュールに使用されるVブロック・ファイバ固定台付システムである。これらの図において、60は受光素子であり、61は受光素子マウントシステムであり、62は光ファイバ66を固定するためのVブロック・ファイバ固定台付きシステムであり、67はVブロック・ファイバ固定台付きシステム62の上面に形成された光ファイバ66を固定するための断面がV字形状である溝であり、68はパッケージであり、69はファイバ固定用の半田である。

【0012】

図19および図20に示す従来の光モジュールでは、光ファイバ66を固定するVブロック・ファイバ固定台付きシステム62に受光素子マウントシステム61が取り付けられているが、受光素子60と光ファイバ66との位置合わせ方法の詳細については開示されていない。受光素子マウントシステム61はVブロック・ファイバ固定台付きシステム62上に取り付けられているが、Vブロック・ファイバ固定台付きシステム62の受光素子マウントシステム61が取り付けられた面から溝67までの高さ寸法の誤差、受光素子60を受光素子マウントシステム61に接着するときの高さ誤差を補正するように位置合わせをする方法については記載されていない。

【0013】

図21はアクティブアライメントで組み立てられる同軸型の従来の光モジュールの構成を示す部分断面図である。図において、70は受光素子パッケージであり、71は受光面72を有するPDなどの受光素子であり、73は受光素子71が固定されたサブマウントであり、74は受光素子パッケージの表面に取り付けられ、光が入射するガラス窓であり、80はレンズホルダであり、81はレンズホルダ80に保持された球面レンズなどのレンズであり、90は光ファイバ端子91を保持するための光ファイバ保持部であり、92は光ファイバであり、93はゴムホルダであり、100はこの光モジュールを内包するケースである。

【0014】

図21に示す従来の光モジュールを組み立てる場合、まず光ファイバ保持部90とレンズホルダ80とが接合される。そして、光ファイバ92の図示しない端

部から光を入射して受光素子 7 1 の受光面 7 2 に光を入射させ、この一体化された光ファイバ保持部 9 0 およびレンズホルダ 8 0 を受光素子パッケージ 7 0 に対して位置合わせする。この際、受光素子 7 1 の出力をモニタして出力が最大となるように位置合わせが行われる。

【 0 0 1 5 】

【発明が解決しようとする課題】

従来のパッシブアライメントで組み立てられる光モジュールは以上のように構成されているので、組み立てる際に受光素子の受光面の中心と光ファイバの光軸との位置関係に大きな誤差が生じるという課題があった。特に、図 1 7 および図 1 8 に示す従来の光モジュールでは横方向に関しては $\pm 20 \mu\text{m}$ 程度の誤差が、高さ方向に関しては $\pm 30 \mu\text{m}$ 程度の誤差が生じる。例えば、受光径 $50 \mu\text{m}$ の受光素子にコア径 $10 \mu\text{m}$ の光ファイバを組み合わせて光を結合させる場合、光ファイバの光軸に対して垂直方向、水平方向の許容位置誤差はともに $\pm 20 \mu\text{m}$ 程度である。したがって、図 1 7 および図 1 8 に示す従来の光モジュールでは、位置精度が許容位置誤差を超えてしまうので所望の光学結合が得られない可能性がある。

【 0 0 1 6 】

さらに、高速・高感度用の光モジュールでは、受光径 $20 \mu\text{m}$ 程度の受光素子を用いる必要があるので、従来の光モジュールで達成可能な位置精度では所望の光学結合を実現するのは困難であるという課題がある。より小さい受光径の受光素子が必要な理由は、受光素子の受光径が大きくなると受光素子の持つ容量が大きくなり、容量により高速応答が制限されるとともに雑音が増えるからである。受光径 $20 \mu\text{m}$ の場合、許容位置誤差は $\pm 5 \mu\text{m}$ 程度であり、従来の光モジュールの構造では誤差が大きくてこのような位置精度を実現することは不可能である。

【 0 0 1 7 】

また、図 1 4 から図 1 6 に示す従来の光モジュールでは、受光素子 5 4 を実装溝 5 2 の斜面 5 5 に固定するときの位置合わせの精度が第 2 の溝 5 2 の加工精度と受光素子 5 4 の切り出し精度に依存しているか、または、図示しないアライメ

ントパターン（すなわちマーク）を画像認識して位置合わせを行うので、位置精度は良いが、受光素子54は傾斜しているので受光素子54の傾いた面にワイヤ58を打つには、その面を水平にしてワイヤ58を打つ専用のワイヤボンダ装置が必要になるという課題がある。さらに、受光素子54を斜面55に接着するために半田を斜面55に固定される側面上に予め形成しておく必要があるという課題がある。

【0018】

アクティブアラインメントで組み立てられる図21に示す同軸型の従来の光モジュールでは、実際に光を受光素子71の受光面72に入射させて受光素子71の出力が最大になるように一体化された光ファイバ保持部90およびレンズホルダ80を受光素子パッケージ70に対して位置合わせするので、上記したようなパッシブアラインメントで組み立てられる光モジュールに比べて精度は良いが、受光素子パッケージ70、レンズホルダ80および光ファイバ保持部90の複数の部分に分けて組み立てた後に位置合わせしているので、小型化が困難である上にコストがかかるという課題があった。また、同軸型の従来の光モジュールは円筒形状であるので平面実装が困難であるという課題もあった。

【0019】

また、図17および図18に示す従来の光モジュールは、位置合わせ用マーク45を設けることなくアクティブアラインメントで組み立て可能であるが、受光素子保持部41およびオプティカルベンチ43をパッケージ48内に実装する際にアクティブアラインメントを実施する必要がある。したがって、図17のx軸方向に関しては精度の良い位置合わせが行われるが、y軸方向に関してはオプティカルベンチ43の厚みのばらつきにより $\pm 20 \mu\text{m}$ 程度の誤差が生じるという課題がある。このようにy軸方向の位置精度が悪い上にy軸方向に関してもアクティブアラインメントを適用するのは困難であるので、通常、図17および図18に示す従来の光モジュールはパッシブアラインメントで組み立てられる。

【0020】

この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、パッシブアラインメントで高精度に組み立てが可能であり、受光径の小さい受光素子にも適用可

能で且つ平面実装が容易な構成を有する光モジュールおよびその生産方法を得ることを目的とする。

【 0 0 2 1 】

また、この発明は、アクティブアライメントで高精度に組み立てが可能であり、受光径の小さい受光素子にも適用可能で且つ平面実装が容易な構成を有する光モジュールおよびその生産方法を得ることを目的とする。

【 0 0 2 2 】

【課題を解決するための手段】

この発明に係る光モジュールは、受光素子が固定された一側面を有する第 1 の保持部と、上面に形成され光ファイバを保持するための第 1 の溝と、上面に形成され且つ一側面から第 1 の溝まで延びて第 1 の溝に接続された第 2 の溝とを有する第 2 の保持部とを備え、上記第 1 の保持部の上記一側面が上記第 2 の保持部の上記一側面に固定されているとともに、上記受光素子の少なくとも一部が上記第 2 の溝に収容されているものである。

【 0 0 2 3 】

この発明に係る光モジュールは、第 2 の保持部が、第 1 の溝に保持される光ファイバの端部から出射される光により受光素子の受光面上に生成されるであろうスポットの中心位置を実質的に指示する位置指示手段を備えたものである。

【 0 0 2 4 】

この発明に係る光モジュールは、第 2 の保持部の位置指示手段が、第 1 の溝に保持される光ファイバの光軸と第 2 の保持部の一側面とが交差する交差点を実質的に指示する 2 つのマークであるものである。

【 0 0 2 5 】

この発明に係る光モジュールは、2 つのマークが、第 2 の保持部の上面であって第 1 の溝の両側に該第 1 の溝から等距離の位置にそれぞれ形成されており且つ第 2 の保持部の一側面から延びている同一の断面形状を有する 2 つの溝であるものである。

【 0 0 2 6 】

この発明に係る光モジュールは、2 つの溝の断面形状は V 字形状であるもので

ある。

【 0 0 2 7 】

この発明に係る光モジュールは、受光素子が、受光面の位置を指示する位置指示手段を有するものである。

【 0 0 2 8 】

この発明に係る光モジュールは、受光素子の位置指示手段が、受光面の周囲に設けられた2つのマークであるものである。

【 0 0 2 9 】

この発明に係る光モジュールは、第1の溝が、第1の保持部の一側面が固定された第2の保持部の一側面に対して傾斜しているものである。

【 0 0 3 0 】

この発明に係る光モジュールは、第1の保持部が、受光素子が固定された一側面に垂直な底面が、第2の保持部の第1の溝が形成された上面に対向する底面より上方にあるような寸法で形成されているものである。

【 0 0 3 1 】

この発明に係る光モジュールは、第2の保持部がシリコン基板から成るものである。

【 0 0 3 2 】

この発明に係る光モジュールは、第1の保持部の一側面の一部が第2の保持部の一側面に接着剤により接着されているものである。

【 0 0 3 3 】

この発明に係る光モジュールは、第2の保持部および第1の保持部の底面が接着される内壁を有した、第2の保持部および第1の保持部を収納するためのパッケージを備えたものである。

【 0 0 3 4 】

この発明に係る光モジュールの生産方法は、第1の保持部に固定された受光素子の受光面の位置を計測する受光面位置計測工程と、第2の保持部の上面に形成された第1の溝に保持される光ファイバから出射される光により受光素子の受光面上に生成されるであろうスポットの中心位置を実質的に計測するスポット位置

計測工程と、受光面位置計測工程で計測された受光面の位置とスポット位置計測工程で計測されたスポットの中心位置とに基づいて、第1の保持部および第2の保持部が相対的に位置合わせする位置合わせ工程と、位置合わせ工程が終了した後、第1の保持部の一側面と第2の保持部の一側面とを互いに固定する固定工程とを備えたものである。

【0035】

この発明に係る光モジュールの生産方法は、スポット位置計測工程が、第1の溝に保持される光ファイバの端部から出射される光により受光素子の受光面上に生成されるであろうスポットの中心位置を実質的に指示する、第2の保持部に設けられた位置指示手段を用いてスポットの中心位置を実質的に計測する工程であるものである。

【0036】

この発明に係る光モジュールの生産方法は、位置指示手段が、第1の溝に保持される光ファイバの光軸と第1の保持部の一側面が固定される第2の保持部の一側面とが交差する交差点を実質的に指示する2つのマークであるものである。

【0037】

この発明に係る光モジュールの生産方法は、2つのマークが、第2の保持部の上面であって第1の溝の両側に該第1の溝から等距離の位置にそれぞれ形成されており且つ第2の保持部の一側面から延びている同一の断面形状を有する2つの溝であるものである。

【0038】

この発明に係る光モジュールの生産方法は、スポット位置計測工程が、2つのマークを撮影し、得られた画像を処理することにより2つのマークの位置を計測し、2つのマークの中間点の位置に基づきスポットの中心位置を求める工程であるものである。

【0039】

この発明に係る光モジュールの生産方法は、受光面位置計測工程が、受光素子の受光面の形状に基づいて受光面の位置を計測する工程であるものである。

【0040】

この発明に係る光モジュールの生産方法は、受光面位置計測工程が、受光素子を撮影し、得られた画像を処理することにより受光面の形状を認識し、その重心位置を受光面の位置とする工程であるものである。

【0041】

この発明に係る光モジュールの生産方法は、受光面位置計測工程が、受光素子に予め設けられた2つのマークの位置を計測することにより受光面の位置を計測する工程であるものである。

【0042】

この発明に係る光モジュールの生産方法は、受光面位置計測工程が、2つのマークを撮影し、得られた画像を処理することにより2つのマークの位置を計測する工程であるものである。

【0043】

この発明に係る光モジュールの生産方法は、固定工程が、第1の保持部の一側面の一部を第2の保持部の一側面に接着することにより固定する工程であるものである。

【0044】

この発明に係る光モジュールの生産方法は、第2の保持部の上面に形成された第1の溝に光ファイバを設置するとともに、光ファイバの一端にレーザ光源を接続する光源設置工程と、レーザ光源から出射され光ファイバの他端から出力されたレーザ光が受光素子に最適に入射するように第1の保持部および第2の保持部を相対的に位置合わせする位置合わせ工程と、位置合わせ工程が終了した後、第1の保持部と第2の保持部とを互いに固定する固定工程とを備えたものである。

【0045】

この発明に係る光モジュールの生産方法は、第2の保持部の上面に形成された第1の溝に光ファイバを設置するとともに、光ファイバの一端に受光した光に応じた信号を出力する受光器を接続する受光器設置工程と、PDに順方向電圧を印加してPDを発光させるPD発光工程と、PDから出射した光を光ファイバの他端から入射させ、受光器が出力する信号に応じて第1の保持部および第2の保持部を相対的に位置合わせする位置合わせ工程と、位置合わせ工程が終了した後、

第1の保持部と第2の保持部とを互いに固定する固定工程とを備えたものである。

【0046】

【発明の実施の形態】

実施の形態1.

図1はこの発明の実施の形態1による光モジュールの光結合部分から成るサブアセンブリを示す斜視図であり、図2は図1に示すサブアセンブリの平面図であり、図3は図2の線A-Aの沿ったサブアセンブリの断面図である。これらの図において、1はPDなどの受光素子であり、2は受光素子1が固定された一側面を有する受光素子保持部（第1の保持部）であり、3は受光素子保持部2のその側面の一部と接着された一側面（以下接着面と称する）を有する、光ファイバ4を保持するためのシリコン基板から成るオプチカルベンチ（第2の保持部）である。また、11は受光素子1の受光面であり、31はオプチカルベンチ3の上面に形成された、光ファイバ4を保持するための断面がV字形状の第1の溝であり、32は受光素子保持部2に固定された受光素子1がオプチカルベンチ3の側面に当たらないように収容するために、第1の溝31と同様にオプチカルベンチ3の上面に形成され且つ接着面から第1の溝31まで延びて第1の溝31と接続された第2の溝であり、33a、33bは、それぞれオプチカルベンチ3の上面に形成されており、第1の溝31に保持される光ファイバ4の端部から出射される光により受光素子1の受光面11上に生成されるであろうスポットの中心位置（以下単にスポット中心位置と称する）を実質的に指示する、V字状の同一断面形状を有する第3および第4の溝（マーク、位置指示手段）である。

【0047】

受光素子1の受光面11は、図1に示すように、円形などの形状を有しており、受光素子1の表面に面一になるように設けられている。受光面11は無反射コーティングされ、受光面11以外の受光素子1のその表面は、受光素子1の電極などに光が入射しないようにメタライズされている。受光面11は、典型的には、上下左右方向にそれぞれ線対称な円や正方形などの形状を有している。しかしながら、受光素子1の受光面11の形状は、このような上下左右方向にそれぞれ

線対称なものに限定されず、いかなる形状であっても良い。

【0048】

図2に示すように、オプチカルベンチ3の上面に形成されている第1の溝31は、オプチカルベンチ3の接着面に対して垂直ではなく傾いて形成されている。したがって、受光素子1の受光面11はオプチカルベンチ3の接着面に接着される受光素子保持部2の側面に平行であるので、第1の溝31に保持される光ファイバ4の光軸は受光素子1の受光面11に対して垂直ではなく傾いていることになる。一般に、PDなどを含む光モジュールでは、光ファイバから出射された光がPDの受光面に当たって反射し再び光ファイバに結合して戻ってくる反射戻り光を防止するために、光ファイバの光軸をPDの受光面に対して垂直ではなく傾けて配置する。これに対して、この発明の実施の形態1によれば、光ファイバ4を保持するための第1の溝31がオプチカルベンチ3の接着面に対して傾いて形成されているので、PDなどの受光素子1が固定された受光素子保持部2がオプチカルベンチ3の接着面に接着されたときに、光軸が受光素子1の受光面11に対して正確に一定の角度で傾いた状態で光ファイバ4は配置されることになる。

【0049】

図1および図2に示すように、第3および第4の溝33a、33bは、オプチカルベンチ3の上面であって第1の溝31の両側に第1の溝31から等距離の位置にそれぞれ形成されており且つオプチカルベンチ3の接着面から延びている。第3および第4の溝33a、33bは、光ファイバ4を保持するための第1の溝31と同時に写真製版、エッチングにより形成されるので、第3および第4の溝33a、33bと第1の溝31に設置される光ファイバ4との位置関係は精度良く決められる。すなわち、第1の溝31に設置される光ファイバ4の光軸は、第3および第4の溝33a、33bから等距離の位置にある直線に一致し、その直線は、第1の溝31の斜面の角度、幅および光ファイバ4の径により決まる距離だけオプチカルベンチ3の上面より上に位置する。例えば、光ファイバ4の光軸は、オプチカルベンチ3の上面からy軸の正方向に10 μ m程度離れている、第3および第4の溝33a、33bから等距離の位置にある直線に一致する。

【0050】

図4は接着面側からみたオプチカルベンチ3の斜視図であり、図5のオプチカルベンチ3の接着面を示す平面図である。これらの図において、34は受光素子保持部2の一側面と接着されたオプチカルベンチ3の接着面（一側面）である。図4および図5から明らかなように、接着面34上における第3および第4の溝33a, 33bの端部はともにその頂点が溝の谷に対応している2等辺三角形であり、第3および第4の溝33a, 33bの端部（すなわち2等辺三角形）の頂点（または重心）を結ぶ線分の中点は第1の溝31の端部の頂点（または重心）に一致している。なお、完全に一致している必要はなく、上記中点のx座標と第1の溝31の端部の頂点（または重心）のx座標が同一であればよい。したがって、図1から図3に示すサブアセンブリを組み立てる際に接着面34上における第3および第4の溝33a, 33bの端部の頂点（または重心）を結ぶ線分の中点の位置（x座標）を計測することにより、第1の溝31に保持される光ファイバ4の光軸とオプチカルベンチ3の接着面34とが交差する交差点（図2のB）の位置（x, y座標）、したがって、スポット中心位置（x, y座標）を求めることができる。既に述べたように、第4の溝33a, 33bの端部の頂点（または重心）を結ぶ線分の中点の位置は、第1の溝31に保持される光ファイバ4の光軸とオプチカルベンチ3の接着面34とが交差する交差点の位置に完全に一致していない。この交差点のy座標は、第1の溝31の斜面の角度、幅および光ファイバ4の径により決まる距離だけy軸の正方向にオプチカルベンチ3の上面から離れている（したがって、オプチカルベンチ3の上面のy座標が求まれば、上記交差点のy座標は決定される）。さらに、図2および図3に示すように、光ファイバ4を保持するための第1の溝31がオプチカルベンチ3の接着面34に対して傾いて形成されており且つ受光素子1の受光面11は接着面34に一致していないので、厳密には、図2に示す交差点Bの位置はスポット中心位置に完全に一致しない。図2から明らかなように、スポット中心位置は、第1の溝31の接着面34に対する傾斜角度および受光面11と接着面34の間の距離dすなわち受光素子1の厚みにより決まる距離だけx軸の負方向に交差点Bの位置からずれている。

【0051】

図 6 は図 1 から図 3 に示す光結合部分から成るサブアセンブリが設けられたこの発明の実施の形態 1 による光モジュールのパッケージを示す部分断面図であり、図において、5 は光結合部分の底面が接着される内壁を有するパッケージであり、6 は光結合部分の底面をパッケージ 5 の内壁に接着するための接着剤である。図 6 に示すように、直方体である受光素子保持部 2 の受光素子 1 が固定されている側面に垂直な底面は、オプチカルベンチ 3 の底面よりも高い位置にある。これは、後で述べるように、受光素子保持部 2 とオプチカルベンチ 3 とを位置合わせして接着することによりサブアセンブリを組み立てるので、受光素子保持部 2 の底面とオプチカルベンチ 3 の底面を完全に一致させるのは困難であるからである。また、サブアセンブリの底面は主にオプチカルベンチ 3 の底面が占めているので、サブアセンブリを組み立てる際にサブアセンブリの底面を主に占めるオプチカルベンチ 3 の底面が受光素子保持部 2 の底面より下になるように、直方体である受光素子保持部 2 の寸法形状を予め定めておくことが好ましい。これによって、サブアセンブリをパッケージ 5 の固定すべき内壁に安定して水平に据え置くことが可能になる。サブアセンブリをパッケージ 5 のその内壁に固定するために、オプチカルベンチ 3 の底面だけでなく受光素子保持部 2 の底面も接着剤 6 によりパッケージ 5 の内壁に接着される。これによって、大きな接着面積を確保でき十分な接着強度を得ることができる。

【 0 0 5 2 】

次にこの発明の実施の形態 1 による光モジュールの生産方法について説明する。この実施の形態 1 による光モジュールの生産方法によれば、まず、受光面 1 1 を有する受光素子 1 を受光素子保持部 2 の一側面上で位置決めしつつ半田などによりその側面の適当な位置に接着する（受光素子固定工程）。

【 0 0 5 3 】

次に、受光素子 1 が固定された受光素子保持部 2 の側面の一部を図 1 から図 5 に示すように形成されたオプチカルベンチ 3 の接着面 3 4 に樹脂接着剤などの接着剤で接着する前に、受光素子保持部 2 に固定された受光素子 1 の受光面 1 1 の位置計測（受光面位置計測工程）およびスポット中心位置の計測（スポット位置計測工程）が実施され、計測された受光面 1 1 の位置（例えば重心位置）と計測

されたスポット中心位置とに基づいて、受光素子保持部 2 およびオプチカルベンチ 3 の相対的な位置合わせ（位置合わせ工程）が実施される。

【0054】

図 7 はこの実施の形態 1 による光モジュールの生産方法の受光面位置計測工程、スポット位置計測工程および位置合わせ工程を模式的に示す図であり、以下ではこの図を参照しながらこれらの工程について説明する。まず、受光素子 1 が接着された受光素子保持部 2 が、その受光素子 1 が接着された側面を図中下向きにして、 x 、 y 、 z 、 θz の 4 軸に移動可能な移動ステージ（図示せず）に固定されたアーム（図示せず）に固定される。この時、直方体である受光素子保持部 2 の受光素子 1 が接着された側面は、 $x y$ 平面に平行であると仮定する。すなわち、受光素子保持部 2 の上記側面は $x y$ 平面に対して平行になるように既に調整されていると仮定する。

【0055】

受光素子 1 の受光面 1 1 の下方であってオプチカルベンチ 3 と受光素子保持部 2 の間にカメラ（図示せず）が設置され、このカメラにより受光面 1 1 を含む受光素子 1 1 の画像が撮影される。図 8 は図 7 の C 方向からそのカメラにより撮影される受光素子 1 が接着された受光素子保持部 2 の側面を示す平面図である。図示しないコンピュータなどの情報処理装置が、カメラで撮影された受光素子 1 の画像にエッジ抽出処理や二値化処理のような画像処理を施し、二値化された濃淡画像から受光素子 1 の受光面 1 1 の形状を認識する。そして、情報処理装置は、認識された受光面 1 1 の形状について重心位置（受光面 1 1 が円形の場合はその中心）を算出し、その重心位置を受光素子 1 の受光面 1 1 の位置（ $x 1$ 、 $y 1$ ）として決定する。情報処理装置は、この計測された受光素子 1 の受光面 1 1 の位置（ $x 1$ 、 $y 1$ ）を図示しないメモリに記憶する。

【0056】

カメラにより撮影した受光素子 1 の画像を処理することにより受光面 1 1 の位置を計測する代わり、受光素子 1 の表面に写真製版により予め形成された 2 つのマークを用いて受光面 1 1 の位置を計測するようにしてもよい。この場合、2 つのマークをカメラにより撮影し得られた画像を処理することにより受光面 1 1 の

位置を求める。図 9 (a), (b) はこのような変形例を示す平面図であり、図 7 の C 方向からカメラにより撮影される、2 つのマークを有する受光素子 1 1 が固定された受光素子保持部 2 の側面を示している。図 9 (a) において、1 2 a, 1 2 b はそれぞれ受光素子 1 の受光面 1 1 の周囲に形成されたマーク（位置指示手段）であり、マーク 1 2 a は受光面 1 1 の x 軸方向の位置 x_1 を指示するために使用されるマークであり、マーク 1 2 b は受光面 1 1 の y 軸方向の位置 y_1 を指示するために使用されるマークである。これらのマーク 1 2 a, 1 2 b は、協働して受光面 1 1 の位置 (x_1, y_1) を指示するように、写真製版により受光素子 1 の表面に予め形成されている。そして、図示しないコンピュータなどの情報処理装置が、カメラで撮影された受光素子 1 の画像にエッジ抽出処理や二値化処理のような画像処理を施し、二値化された濃淡画像からマーク 1 2 a, 1 2 b を認識する。そして、情報処理装置は、認識されたマーク 1 2 a, 1 2 b の位置 x_1, y_1 を算出し、これらを受光素子 1 の受光面 1 1 の位置 (x_1, y_1) として決定する。情報処理装置は、この計測された受光素子 1 の受光面 1 1 の位置 (x_1, y_1) を図示しないメモリに記憶する。他方、図 9 (b) において、1 3 a, 1 3 b はそれぞれ受光素子 1 の受光面 1 1 の周囲に形成されたマーク（位置指示手段）であり、マーク 1 3 a は位置 x_2, y_2 を指示するために使用されるマークであり、マーク 1 3 b は位置 x_3, y_3 を指示するために使用されるマークである。これらのマーク 1 3 a, 1 3 b は、協働して受光面 1 1 の位置 (x_1, y_1) を指示するように、写真製版により受光素子 1 の表面に予め形成されている。図示の例では、マーク 1 3 a, 1 3 b を結ぶ線分の中点 ($(x_2 + x_3) / 2, (y_2 + y_3) / 2$) は、受光面 1 1 の位置 (x_1, y_1) に対して一定の位置関係を有している。 $y_2 = y_3$ になるように θz に関して受光素子保持部 2 の位置調整が行われた場合、 $x_1 = (x_2 + x_3) / 2, y_1 = y_2 - C$ により、受光面 1 1 の位置 (x_1, y_1) が与えられる。なお、C はマーク 1 3 a, 1 3 b を結ぶ線分の中点と受光面 1 1 の位置 (x_1, y_1) との間の距離である。

【0057】

なお、移動ステージの移動精度が許容される範囲内であれば、受光素子 1 の受

光面 11 の位置 (x_1 , y_1) を記憶した後、後の工程を容易にするために受光素子保持部 2 を固定したアームを所定のベクトルで指定される x y 方向または z 方向に移動しても良い。

【0058】

この実施の形態 1 による光モジュールの生産方法によれば、次に、オプチカルベンチ 3 に設けられた第 3 および第 4 の溝 33a, 33b を用いてスポット中心位置を計測するスポット位置計測工程が実施される。図 7 に示すように、オプチカルベンチ 3 は、その接着面 34 が図中上向きにされ、受光素子保持部 2 用の移動ステージとは異なる、 x , y , z , θ_z の 4 軸に移動可能な別の移動ステージ (図示せず) に固定されたアーム (図示せず) に固定される。この時、オプチカルベンチ 3 の接着面 34 は、 x y 平面に平行であると仮定する。すなわち、オプチカルベンチ 3 の接着面 34 は x y 平面に対して平行になるように既に調整されていると仮定する。

【0059】

次にオプチカルベンチ 3 の上方であってオプチカルベンチ 3 と受光素子保持部 2 との間にカメラ (図示せず) が設置され、このカメラにより図 5 に示すようなオプチカルベンチ 3 の接着面 34 の画像が撮影される。そして、図示しないコンピュータなどの情報処理装置は、カメラで撮影されたオプチカルベンチ 3 の接着面 34 の画像にエッジ抽出処理や二値化処理のような画像処理を施し、二値化された濃淡画像から断面が同一 V 字形状の第 3 および第 4 の溝 33a, 33b の端部およびオプチカルベンチ 3 のこれらの溝および第 1 の溝 31 が形成されている上面の縁を認識する。既に述べたように、接着面 34 上における第 3 および第 4 の溝 33a, 33b の端部はともにその頂点が溝の谷に対応している 2 等辺三角形であり、その頂点の x 座標を求めることにより第 3 および第 4 の溝 33a, 33b の各端部の x 座標は決定され得る。または、これに代わって、上記 2 等辺三角形の重心を計算することにより、第 3 および第 4 の溝 33a, 33b の各端部の x 座標を決定してもよい。

【0060】

既に述べたように、第 3 および第 4 の溝 33a, 33b は、光ファイバ 4 を保

持するための第1の溝31と同時に写真製版、エッチングにより形成されるので、第3および第4の溝33a, 33bと第1の溝31に設置される光ファイバ4との位置関係は精度良く決められる。すなわち、スポット中心位置のx座標は、接着面34上における第3および第4の溝33a, 33bの端部の頂点（または重心）を結ぶ線分の midpoint のx座標に完全に一致しておらず、上記したように、スポット中心位置は、第1の溝31の接着面34に対する傾斜角度および受光面11と接着面34の間の距離dにより決まる距離だけx軸の負方向に図2の交差点Bからずれている。他方、スポット中心位置のy座標は、オプチカルベンチ3の上面のy座標に第1の溝31の斜面の角度、幅および光ファイバ4の径により決まる距離を加算したものに等しい。以下では、第1の溝31の接着面34に対する傾斜および受光面11と接着面34の不一致によるスポット中心位置のx座標のずれは無視できるとともに、光ファイバ4の光軸はオプチカルベンチ3の上面からy軸の正方向に $10\mu\text{m}$ 離れていると仮定する。なお、第1の溝31の接着面34に対する傾斜角度および受光面11と接着面34の間の距離dにより決まるずれを予め計算し、このずれを補正するようにオプチカルベンチ3を移動するようにしてもよい。

【0061】

次に、接着面34上における第3および第4の溝33a, 33bの端部がx軸に平行な直線上に沿って正確に並ぶように、第3および第4の溝33a, 33bの端部のy軸方向の位置が概ね同一となるように角度 θ_z に関して回転させる。ただし、この時、回転は受光素子11がオプチカルベンチ3の第2の溝32内に収納される程度内で実施されなければならない。次に、図示しないコンピュータなどの情報処理装置は、認識した接着面34上における第3および第4の溝33a, 33bの端部形状に基づき第3の溝33aのx軸方向の位置 x_{21} および第4の溝33bのx方向の位置 x_{22} を求め、 x_{21} と x_{22} の midpoint を計算しこれを x_2 とする。また、情報処理装置は、認識したオプチカルベンチ3の上面の縁の位置 y_y を求める。上記したように、光ファイバ4の光軸はオプチカルベンチ3の上面からy軸の正方向に $10\mu\text{m}$ 離れていると仮定されているので、 y_2 を $y_2 = y_y + 10$ にしたがい計算する。このようにして、情報処理装置はスポッ

ト中心位置 (x_2 , y_2) を計測する。そして、情報処理装置はこの計測されたスポット中心位置 (x_2 , y_2) を図示しないメモリに記憶する。

【0062】

次に、受光面位置計測工程において計測された受光素子1の受光面11の位置 (x_1 , y_1) とスポット位置計測工程において計測されたスポット中心位置 (x_2 , y_2) とが一致するように、受光素子保持部2を固定するアーム (図示せず) が固定された移動ステージ (図示せず) およびオプチカルベンチ3を固定するアーム (図示せず) が固定された他の移動ステージ (図示せず) の両者若しくはいずれか一方が移動される。その後、受光素子1が固定された受光素子保持部2の側面がオプチカルベンチ3の接着面に当接するまで、これらの移動ステージが z 軸方向に関して互いに近づくように移動され、さらに角度 θ_x , θ_y および θ_z などについて微調整され、受光素子1が固定された受光素子保持部2の側面の一部はオプチカルベンチ3の接着面34に樹脂接着剤などの接着剤により接着される。

【0063】

この実施の形態1による光モジュールの生産方法によれば、上記したように、位置合わせ工程において、受光素子1を直接撮影し画像認識により受光面11の位置 (例えば重心位置) を計測してこれを基準として受光素子保持部2およびオプチカルベンチ3の相対的な位置合わせを行うので、受光素子保持部の外形を基準に位置合わせする従来の生産方法とは異なり、受光素子1を受光素子保持部2に接着するときに発生する誤差は最終的な誤差には含まれない。さらに、オプチカルベンチ3に形成された第3および第4の溝33a, 33bの接着面34上の端部を直接撮影し画像認識により、スポット中心位置を計測してこれを基準として受光素子保持部2およびオプチカルベンチ3の相対的な位置合わせを行い、受光素子保持部2とオプチカルベンチ3とを互いに固定するので、オプチカルベンチ3の厚みのばらつき ($\pm 20 \mu m$) による高さ方向 (y 軸方向) の誤差が生じることはない。また、その後、図6に示すように、互いに固定された受光素子保持部2およびオプチカルベンチ3から成るサブアセンブリは一体でパッケージ5内に実装される。この際、受光素子1の受光面11の位置と光ファイバ4の光軸

との位置関係は一定に維持されるので、パッケージへの実装はその位置関係に誤差を生じることはない。

【 0 0 6 4 】

以上の結果、この実施の形態 1 による光モジュールにおける最終的な受光素子 1 の受光面 1 1 の位置と光ファイバ 4 の光軸との位置関係に生じる誤差の大部分は、光モジュールを組み立てる際の位置合わせ工程で使用される移動ステージの熱変形などで生じる位置の誤差である。一般に使用される移動ステージによって生じる誤差は、高精度な装置であれば、横方向（x 軸方向）、高さ方向（y 軸方向）ともに $\pm 5 \mu\text{m}$ 以下である。したがって、この発明の実施の形態 1 によれば、図 1 4 および図 1 5 に示した従来の光モジュールと比べて高精度で受光素子 1 の受光面 1 1 の位置と光ファイバ 4 の光軸とが位置合わせされた光モジュールを提供できる効果がある。

【 0 0 6 5 】

図 1 0 (a) ~ 1 0 (c) はこの発明の実施の形態 1 による光モジュールの使用例を示す側面図、平面図および斜視図である。なお、図 1 0 (c) の斜視図では、オプチカルベンチ 3 は省略されている。これらの図において、2 1 は受光素子 1 の出力を増幅するためのプリアンプであり、2 2 はプリアンプ 2 1 が搭載されるプリアンプ用基板であり、2 3 はプリアンプ 2 1 上の設けられた受光素子 1 との接続のためのボンディングパッドであり、2 4 は受光素子保持部 2 上に形成された受光素子用配線であり、2 5 はボンディングパッド 2 3 と受光素子用配線 2 4 とを電氣的に接続するワイヤであり、2 6 は受光素子用配線 2 4 と受光素子 1 とを電氣的に接続するワイヤである。図 1 0 (c) に示すように、受光素子用配線 2 4 は受光素子保持部 2 の上面から受光素子 1 が固定された側面にわたって形成されており、ワイヤ 2 6 は受光素子用配線 2 4 の上記側面上の部分と受光素子 1 とを電氣的に接続している。

【 0 0 6 6 】

受光素子 1 が受光素子保持部 2 に固定された後、受光素子保持部 2 の受光素子 1 が固定された側面が水平になるように保持され、ワイヤ 2 6 が受光素子用配線 2 4 と受光素子 1 との間に接続される。また、図 6 に示すように受光素子保持部

2 およびオプチカルベンチ 3 から成るサブアセンブリがパッケージ 5 内に固定された後、図 1 0 に示すように、ワイヤ 2 5 はプリアンプ 2 1 上のボンディングパッド 2 3 と受光素子用配線 2 4 との間に接続される。したがって、この発明の実施の形態 1 によれば、一般的なワイヤボンダ装置を用いて受光素子 1 とプリアンプ 2 1 との間をワイヤボンダすることができる。

【 0 0 6 7 】

上記実施の形態 1 には多くの変形例があり得る。第 3 および第 4 の溝 3 3 a, 3 3 b の断面形状は V 字形状に限定されるものではなく、接着面 3 4 上における第 3 および第 4 の溝 3 3 a, 3 3 b の端部の頂点（または重心）結ぶ線分の midpoint の x 座標が正確に決定されさえすれば、どのような形状であっても構わない。2 つの溝 3 3 a, 3 3 b の代わりに、第 1 の溝 3 1 に対して正確な位置関係を維持してオプチカルベンチ 3 の接着面 3 4 上に形成された 2 つの単なるマークや 2 つの切り欠きなどを用いても構わない。

【 0 0 6 8 】

また、オプチカルベンチ 3 の上面に形成されている第 1 の溝 3 1 は、オプチカルベンチ 3 の接着面に対して垂直になるように形成されていても構わない。しかしながら、この場合、光ファイバ 4 の端面を光軸に対して垂直ではなく傾斜するように加工するなどの措置を講じることにより反射戻り光を防止する必要がある。なお、この場合、光ファイバ 4 から出射する光は光ファイバ 4 の端面で屈折して進むので、この屈折を考慮してスポット中心位置を決定することが好ましい。

【 0 0 6 9 】

以上のように、この発明の実施の形態 1 によれば、光モジュールが、上面に形成され光ファイバを保持するための第 1 の溝 3 1 と、上面に形成され且つ側面から第 1 の溝 3 1 まで延びて第 1 の溝 3 1 に接続された、受光素子 1 を収容するための第 2 の溝 3 2 と、第 1 の溝 3 1 の両側に第 1 の溝 3 1 から等距離の位置にそれぞれ形成されており且つ側面から延びている断面が同一 V 字形状の第 3 および第 4 の溝 3 3 a, 3 3 b とを有するオプチカルベンチ 3 を備え、受光素子 1 が固定された受光素子保持部 2 の一側面の一部がオプチカルベンチ 3 の接着面に接着されて固定されているので、認識精度の悪い受光素子保持部の外形を位置の基準

として位置合わせして組み立てられる従来の光モジュールとは異なり、受光素子 1 を受光素子保持部 2 に接着するときには発生する誤差およびオプチカルベンチ 3 の厚みのばらつきによる誤差を含まない、より高精度な無調整（パッシブアライメント）実装を可能にする効果がある。この結果、この実施の形態 1 による光モジュールは、受光径の小さい受光素子にも適用可能である。さらに、一般的なワイヤボンダ装置を用いて受光素子 1 とプリアンプ 2 1 との間をワイヤボンダすることが出来る効果がある。また、オプチカルベンチ 3 を用いて光モジュールを構成しているので、平面実装を可能にする効果がある。

【 0 0 7 0 】

さらに、図 1 9 に示した従来の光モジュールでは、Vブロック・ファイバ固定台付きステム 6 2 の上面と受光素子マウントステム 6 1 の底面との接合により受光素子 6 0 の y 軸方向の高さは一義的に決まっているので、Vブロック・ファイバ固定台付きステム 6 2 および受光素子マウントステム 6 1 の加工精度および受光素子 6 0 の取り付け精度で y 軸方向の位置精度が決まる。これに対して、この実施の形態 1 によれば、y 軸方向の位置精度には受光素子保持部 2 およびオプチカルベンチ 3 の加工精度は含まれないので、図 1 9 に示した従来の光モジュールに比べて y 軸方向の位置精度を向上できるという効果がある。

【 0 0 7 1 】

実施の形態 2 .

図 1 1 はこの発明の実施の形態 2 による、アクティブアラインメントで組み立て可能な光モジュールの光結合部分から成るサブアセンブリを示す斜視図である。図において、図 1 に示すものと同一の符号は上記実施の形態 1 によるものとの同一の構成要素を示しており、以下ではその説明を省略する。図 1 1 から明らかなように、この発明の実施の形態 2 による光モジュールのオプチカルベンチ 3 は、スポット中心位置を実質的に指示する、V 字状の同一断面形状を有する第 3 および第 4 の溝 3 3 a, 3 3 b を有していない以外は、上記実施の形態 1 による光モジュールのものと同一の構成を有している。

【 0 0 7 2 】

図 1 2 はこの発明の実施の形態 2 による光モジュールの生産方法を示す斜視図

である。以下ではこの図を参照しながらこの実施の形態 2 による光モジュールの生産方法について説明する。

【0073】

この実施の形態 2 による光モジュールの生産方法によれば、まず、受光面 1 1 を有する受光素子 1 を受光素子保持部 2 の一側面上で位置決めしつつ半田などによりその側面の適当な位置に接着する（受光素子固定工程）。

【0074】

次に、オプチカルベンチ 3 の上面に形成された第 1 の溝 3 1 に光ファイバ 4 が設置され、さらに、光ファイバ 4 の一端部に光結合器 7 を介して可視レーザ光源（レーザ光源）8 が接続される（光源設置工程）。そして、可視レーザ光源 8 から出射され光ファイバ 4 の他端から出射された可視レーザ光が、受光素子保持部 2 に固定された受光素子 1 の受光面 1 1 に入射するように、受光素子保持部 2 およびオプチカルベンチ 3 の両方またはいずれか一方が位置合わせされる。この際、上記実施の形態 1 と同様に、受光素子 1 が接着された受光素子保持部 2 は、 x 、 y 、 z 、 θz の 4 軸に移動可能な移動ステージ（図示せず）に固定されたアーム（図示せず）に固定される。この時、直方体である受光素子保持部 2 の受光素子 1 が接着された側面は、 xy 平面に平行であると仮定する。すなわち、受光素子保持部 2 の上記側面は xy 平面に対して平行になるように既に調整されていると仮定する。また、オプチカルベンチ 3 は、受光素子保持部 2 用の移動ステージとは異なる、 x 、 y 、 z 、 θz の 4 軸に移動可能な別の移動ステージ（図示せず）に固定されたアーム（図示せず）に固定される。この時、オプチカルベンチ 3 の接着面は、 xy 平面に平行であると仮定する。すなわち、オプチカルベンチ 3 の接着面は xy 平面に対して平行になるように既に調整されていると仮定する。

【0075】

さらに、図示しないカメラによって、可視レーザ光により受光素子 1 の受光面 1 1 上に生成されるスポットが撮影される。そして、図示しないコンピュータなどの情報処理装置が、カメラで撮影されたスポットの画像にエッジ抽出処理や二値化処理のような画像処理を施し、二値化された濃淡画像からスポットの形状を認識してスポットの中心位置を求める。この結果、受光面 1 1 の位置と可視レー

ザ光のスポットの中心位置とが合うように、受光素子保持部2およびオプチカルベンチ3の両方またはいずれか一方が位置合わせされる（位置合わせ工程）。その後、受光素子保持部2の受光素子1が固定された側面にオプチカルベンチ3の接着面が当接するまで、受光素子保持部2およびオプチカルベンチ3が互いに近づく方向に受光素子保持部2およびオプチカルベンチ3の両方またはいずれか一方が移動され、さらに角度 θ_x 、 θ_y および θ_z などについて微調整され、受光素子1が固定された受光素子保持部2の側面の一部はオプチカルベンチ3の接着面に樹脂接着剤などの接着剤により接着される（固定工程）。

【0076】

上記実施の形態1と同様に、オプチカルベンチ3の上面に形成されている第1の溝31は、オプチカルベンチ3の接着面に対して垂直ではなく傾いて形成され得る。したがって、受光素子1の受光面11はオプチカルベンチ3の接着面に接着される受光素子保持部2の側面に平行であるので、第1の溝31に保持される光ファイバ4の光軸は受光素子1の受光面11に対して垂直ではなく傾いていることになる。一般に、PDなどを含む光モジュールでは、光ファイバから出射された光がPDの受光面に当たって反射し再び光ファイバに結合して戻ってくる反射戻り光を防止するために、光ファイバの光軸をPDの受光面に対して垂直ではなく傾けて配置する。これに対して、この発明の実施の形態2によれば、光ファイバ4を保持するための第1の溝31がオプチカルベンチ3の接着面に対して傾いて形成されているので、PDなどの受光素子1が固定された受光素子保持部2がオプチカルベンチ3の接着面に接着されたときに、光軸が受光素子1の受光面11に対して正確に一定の角度で傾いた状態で光ファイバ4は配置されることになる。

【0077】

第1の溝31は必ずしもオプチカルベンチ3の接着面に対して傾斜して形成されている必要はないが、第1の溝31がオプチカルベンチ3の接着面に対して垂直に形成されている場合、光ファイバ4から出射した光が受光素子1の受光面11に当たって反射し再び光ファイバ4に結合して戻ってくる反射戻り光を防止するために、光ファイバ4の端面は光軸に対して垂直ではなく傾斜するように加工

されている必要がある。この場合、光ファイバ4から出射する光は光ファイバ4の端面で屈折して進むので、受光素子1に光が最もよく結合する受光素子1と光ファイバ4との位置関係はこの屈折による効果も含めて決める必要がある。

【 0 0 7 8 】

これに対して、この発明の実施の形態2による光モジュールの生産方法の位置合わせ工程では、可視レーザ光を光ファイバ4の端面から出射させて受光素子1の受光面11上に生成されたスポットの位置に基づいて受光素子保持部2およびオプチカルベンチ3の位置決めを行っているので、特に光ファイバ4の端面での屈折を考慮した位置決めを行う必要がなく、この屈折も含んだ最適な位置決めを実現できる。

【 0 0 7 9 】

図13はこの実施の形態2の一変形例による光モジュールの生産方法を示す斜視図である。図において、図12に示すものと同一の符号は上記実施の形態2によるもとの同一の構成要素を示しており、以下ではその説明を省略する。

【 0 0 8 0 】

この変形例の方法によれば、受光素子固定工程が終了した後、オプチカルベンチ3の上面に形成された第1の溝31に光ファイバ4が設置され、さらに、光ファイバ4の一端部に光結合器7を介して光パワーメータ（受光器）9が接続される（受光器設置工程）。そして、PDである受光素子1に順方向電圧を印加して受光素子1を発光させ（PD発光工程）、受光素子1から出射された光が光ファイバ4の他端部から入射するように、受光素子保持部2およびオプチカルベンチ3の両方またはいずれか一方が位置合わせされる。さらに、光ファイバ4の端部に接続された光パワーメータ9により受光素子1から出射された光量がモニタされ、光量が最大になるように受光素子保持部2およびオプチカルベンチ3の両方またはいずれか一方が位置合わせされる（位置合わせ工程）。その後、受光素子保持部2の受光素子1が固定された側面にオプチカルベンチ3の接着面が当接するまで、受光素子保持部2およびオプチカルベンチ3が互いに近づく方向に受光素子保持部2およびオプチカルベンチ3の両方またはいずれか一方が移動され、さらに角度 θx 、 θy および θz などについて微調整され、受光素子1が固定さ

れた受光素子保持部 2 の側面の一部はオプチカルベンチ 3 の接着面に樹脂接着剤などの接着剤により接着される（固定工程）。この実施の形態 2 の一変形例による方法によっても、光ファイバ 4 の端面が反射戻り光防止のために垂直から傾いて形成されている場合に、PD である受光素子 1 からの発光が光ファイバ 4 に結合するときに屈折するので、最もよい結合が得られるように光ファイバ端面での屈折も含めて最適な位置決めを実現できる。

【0081】

上記のようにして組み立てられたこの実施の形態 2 による光モジュールのサブアセンブリは、図 6 に示すように、上記実施の形態 1 と同様にパッケージ 5 内に固定される。この際、上記実施の形態 1 と同様に、直方体である受光素子保持部 2 の受光素子 1 が固定されている側面に垂直な底面は、オプチカルベンチ 3 の底面よりも高い位置にある。これによって、サブアセンブリをパッケージ 5 の固定すべき内壁に安定して水平に据え置くことが可能になる。サブアセンブリをパッケージ 5 のその内壁に固定するために、オプチカルベンチ 3 の底面だけでなく受光素子保持部 2 の底面も接着剤 6 によりパッケージ 5 の内壁に接着される。これによって、大きな接着面積を確保でき十分な接着強度を得ることができる。

【0082】

また、受光素子 1 が受光素子保持部 2 に固定された後、図 10 に示すように、受光素子保持部 2 の受光素子 1 が固定された側面が水平になるように保持され、ワイヤ 26 が受光素子用配線 24 と受光素子 1 との間に接続される。さらに、図 6 に示すように受光素子保持部 2 およびオプチカルベンチ 3 から成るサブアセンブリがパッケージ 5 内に固定された後、図 10 に示すように、ワイヤ 25 はプリアンプ 21 上のボンディングパッド 23 と受光素子用配線 24 との間に接続される。したがって、この発明の実施の形態 2 によれば、一般的なワイヤボンド装置を用いて受光素子 1 とプリアンプ 21 との間をワイヤボンドすることができる。

【0083】

以上のように、この発明の実施の形態 2 によれば、光モジュールが、上面に形成され光ファイバ 4 を保持するための第 1 の溝 31 と、上面に形成され且つ側面から第 1 の溝 31 まで延びて第 1 の溝 31 に接続された、受光素子 1 を収容する

ための第2の溝32とを有するオプチカルベンチ3を備え、受光素子1が固定された受光素子保持部2の一側面の一部がオプチカルベンチ3の接着面に接着されて固定されているので、認識精度の悪い受光素子保持部の外形を位置の基準として位置合わせして組み立てられる従来の光モジュールとは異なり、受光素子1を受光素子保持部2に接着するときに発生する誤差およびオプチカルベンチ3の厚みのばらつきによる誤差を含まない、高精度なアクティブアライメントによる実装を可能にする効果がある。この結果、この実施の形態2による光モジュールは、受光径の小さい受光素子にも適用可能である。さらに、一般的なワイヤボンド装置を用いて受光素子1とプリアンプ21との間をワイヤボンドすることができる効果がある。また、オプチカルベンチ3を用いて光モジュールを構成しているので、平面実装を可能にする効果がある。

【0084】

なお、受光素子1はPDに限定されず、APD（アバランシェフォトダイオード）であってもよい。

【0085】

【発明の効果】

以上のように、この発明によれば、認識精度の悪い受光素子保持部の外形を位置の基準として位置合わせして組み立てられる従来の光モジュールとは異なり、受光素子を受光素子保持部に接着するときに発生する誤差および光ファイバ保持部の厚みのばらつきによる誤差を含まない、より高精度な無調整（パッシブアライメント）実装を可能にし、受光径の小さい受光素子にも適用可能で且つ平面実装が容易な構成を有する光モジュールを提供できる効果がある。

【0086】

この発明によれば、高精度なアクティブアライメントによる組み立てが可能であり、受光径の小さい受光素子にも適用可能で且つ平面実装が容易な構成を有する光モジュールを提供できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1による光モジュールの光結合部分を構成するサブアセンブリを示す斜視図である。

【図 2】 図 1 に示すこの発明の実施の形態 1 による光モジュールのサブアセンブリの平面図である。

【図 3】 この発明の実施の形態 1 による光モジュールのサブアセンブリの図 2 の線 A-A の沿った断面図である。

【図 4】 図 1 に示すこの発明の実施の形態 1 による光モジュールのサブアセンブリのオプチカルベンチを示す斜視図である。

【図 5】 図 4 に示すオプチカルベンチの受光素子保持部が固定される側面を示す平面図である。

【図 6】 図 1 に示すサブアセンブリがパッケージ内部に取り付けられたこの発明の実施の形態 1 による光モジュールを示す部分断面図である。

【図 7】 この発明の実施の形態 1 による光モジュールの生産方法を示す模式図である。

【図 8】 この発明の実施の形態 1 による光モジュールの受光素子保持部を示す平面図である。

【図 9】 この発明の実施の形態 1 の一変形例による光モジュールの受光素子保持部を示す平面図である。

【図 10】 この発明の実施の形態 1 による光モジュールの使用例を示す側面図、平面図および斜視図である。

【図 11】 この発明の実施の形態 2 による光モジュールの光結合部分を構成するサブアセンブリを示す斜視図である。

【図 12】 この発明の実施の形態 2 による光モジュールの生産方法を示す模式図である。

【図 13】 この発明の実施の形態 2 の一変形例による光モジュールの生産方法を示す模式図である。

【図 14】 従来の光モジュールの光結合部分の構造を示す斜視図である。

【図 15】 図 14 に示す光結合部分がパッケージ内部に取り付けられた従来の光モジュールを示す部分断面図である。

【図 16】 他の従来の光モジュールで使用されるオプチカルベンチを示す斜視図である。

【図 1 7】 図 1 6 に示すオプチカルベンチに受光素子および光ファイバが実装された光モジュールを示す斜視図である。

【図 1 8】 図 1 6 および図 1 7 に示す従来の光モジュールの使用例を示す側面図および平面図である。

【図 1 9】 他の従来の光モジュールの構造を示す部分断面図である。

【図 2 0】 図 1 9 に示す従来の光モジュールで使用される V ブロック・ファイバ固定台付システムの構造を示す斜視図である。

【図 2 1】 他の従来の光モジュールの構造を示す部分断面図である。

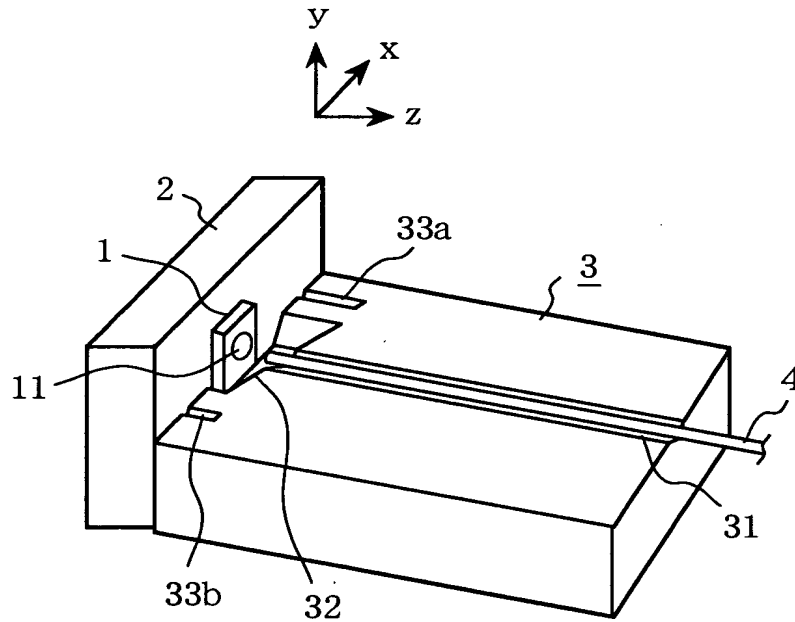
【符号の説明】

1 受光素子、2 受光素子保持部（第 1 の保持部）、3 オプチカルベンチ（第 2 の保持部）、4 光ファイバ、5 パッケージ、6 接着剤、7 光結合器、8 可視レーザ光源（レーザ光源）、9 光パワーメータ（受光器）、11 受光面、12 a, 12 b, 13 a, 13 b マーク（位置指示手段）、21 プリアンプ、22 プリアンプ用基板、23 ボンディングパッド、24 受光素子用配線、25, 26 ワイヤ、31 第 1 の溝、32 第 2 の溝、33 a 第 3 の溝（マーク、位置指示手段）、33 b 第 4 の溝（マーク、位置指示手段）、34 接着面（一側面）。

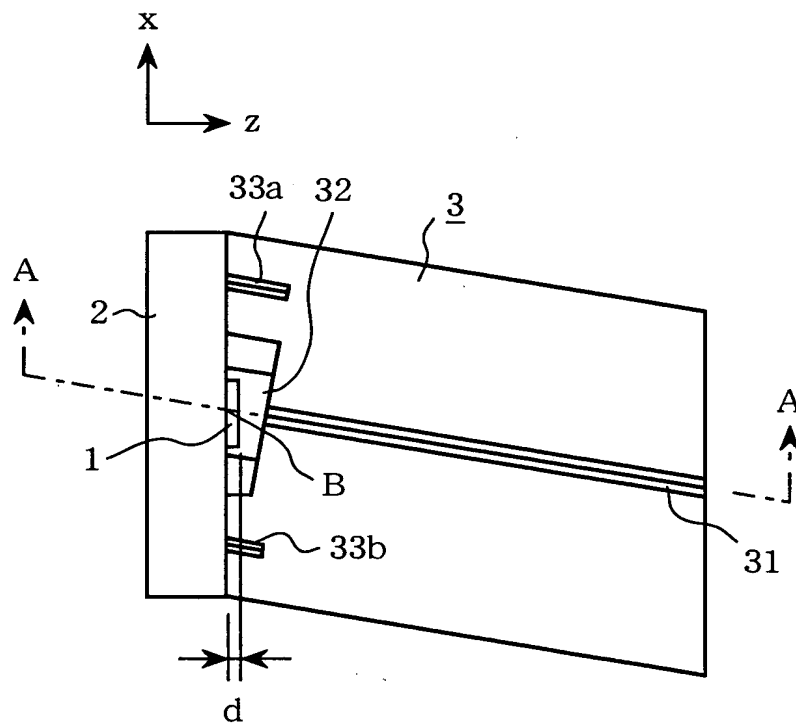
【書類名】

図面

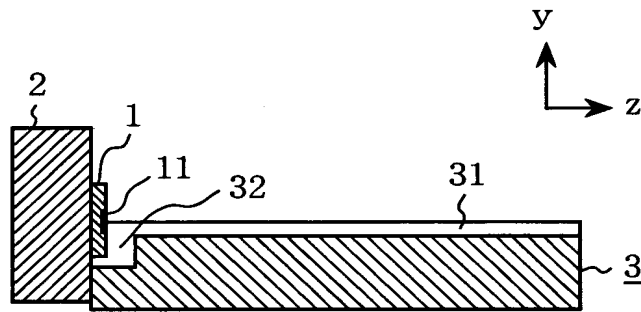
【図 1】



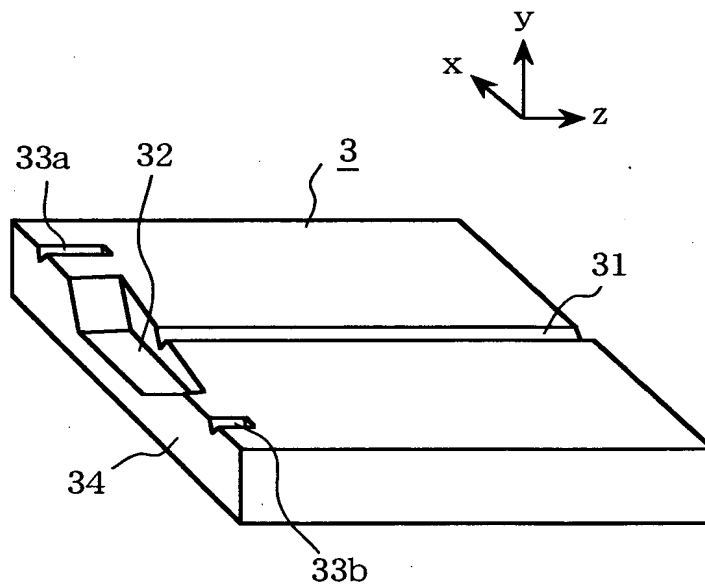
【図 2】



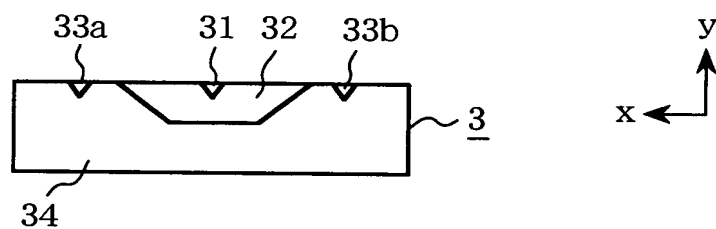
【図 3】



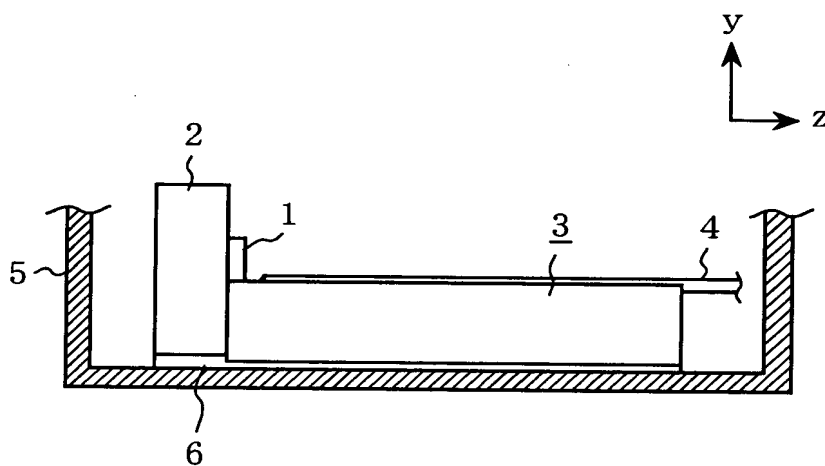
【図 4】



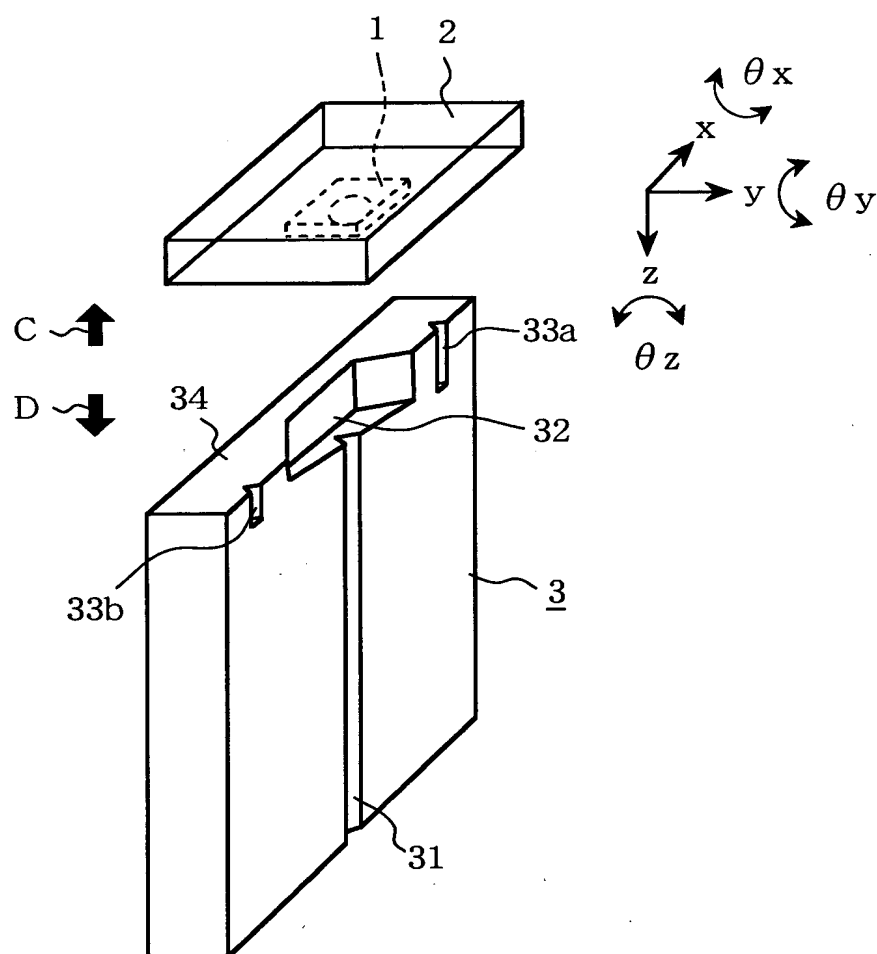
【図5】



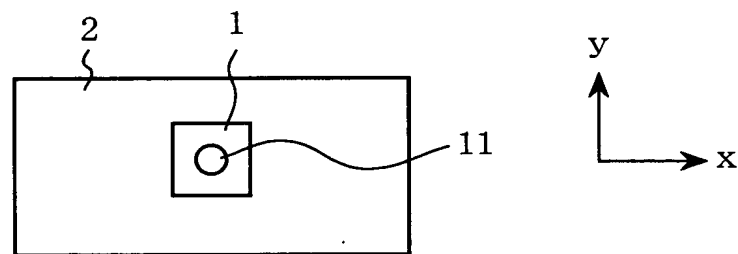
【図6】



【図7】

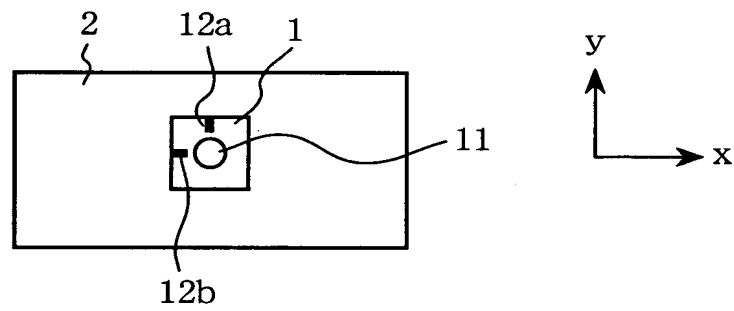


【図8】

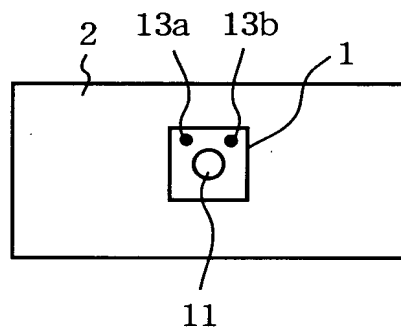


【図9】

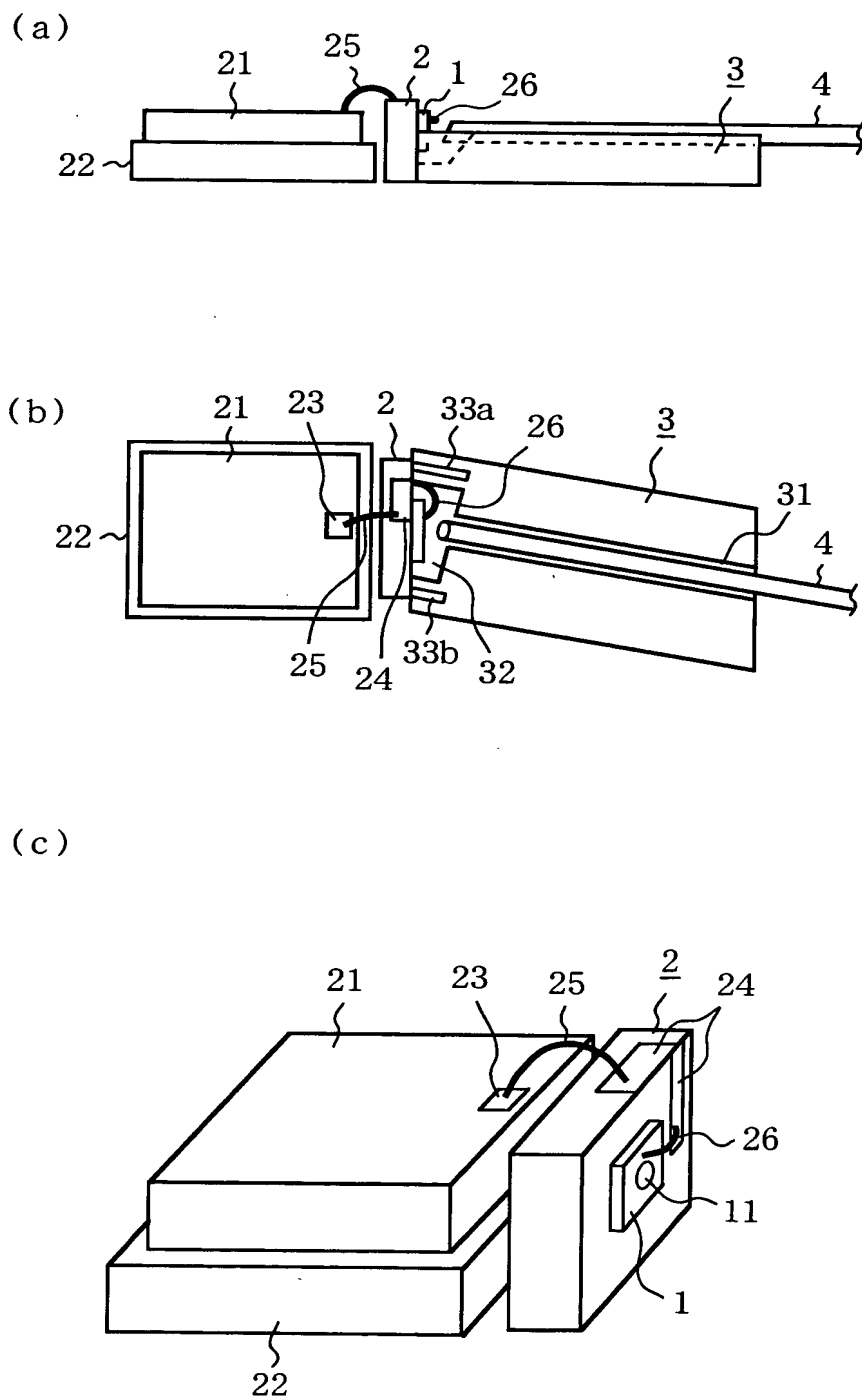
(a)



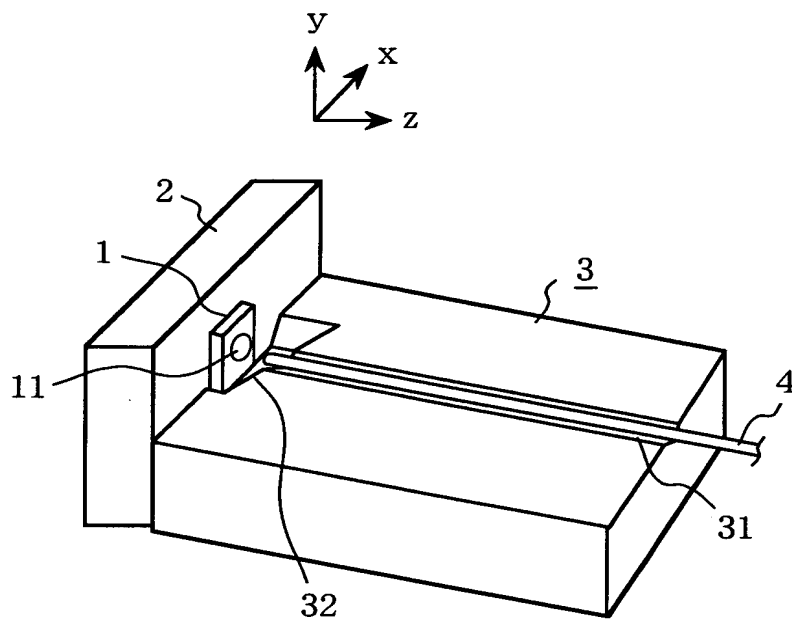
(b)



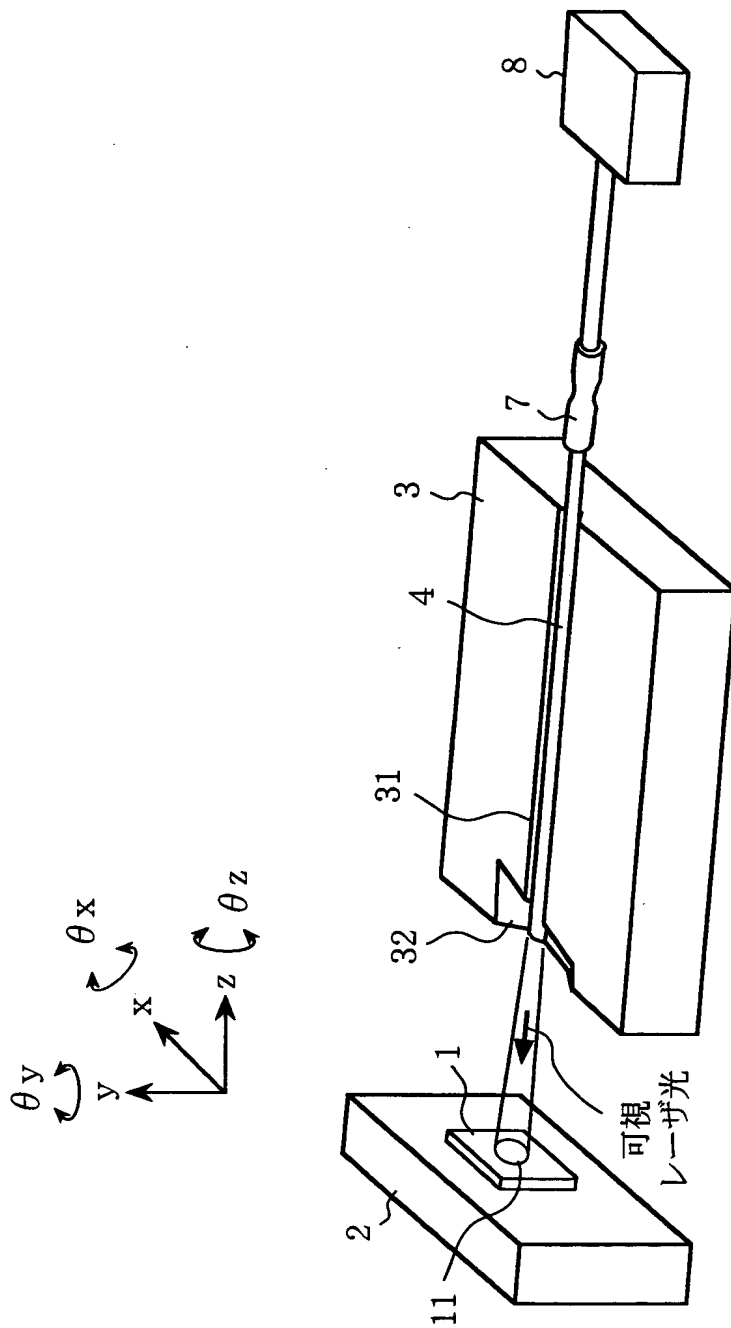
【図 10】



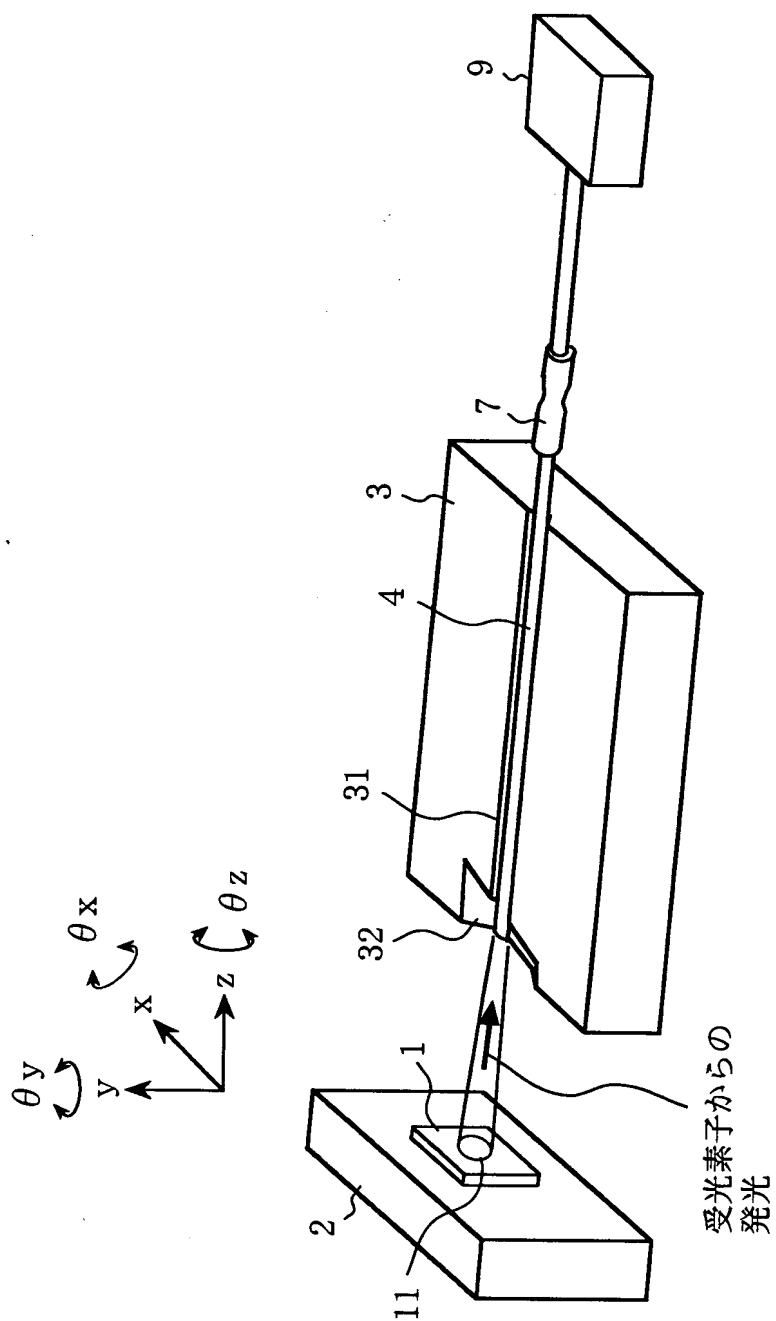
【図11】



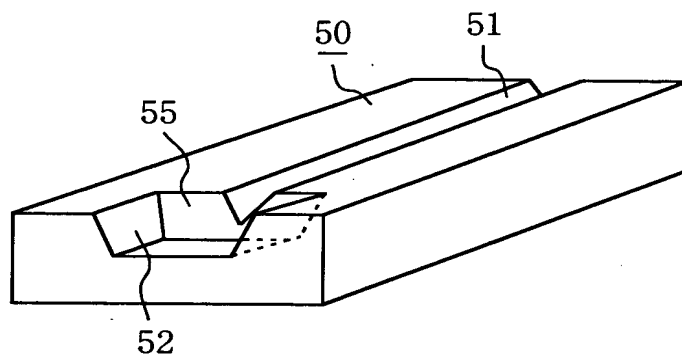
【図 12】



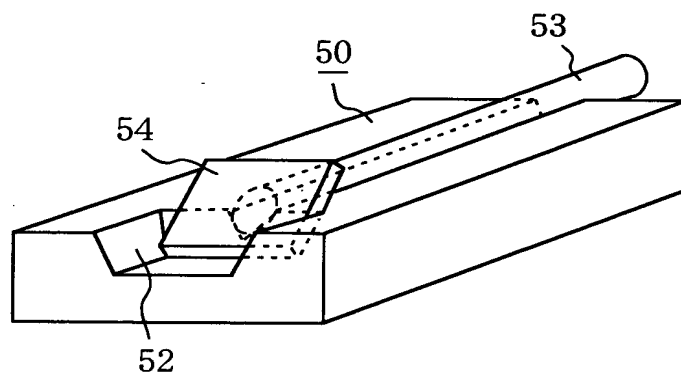
【図 13】



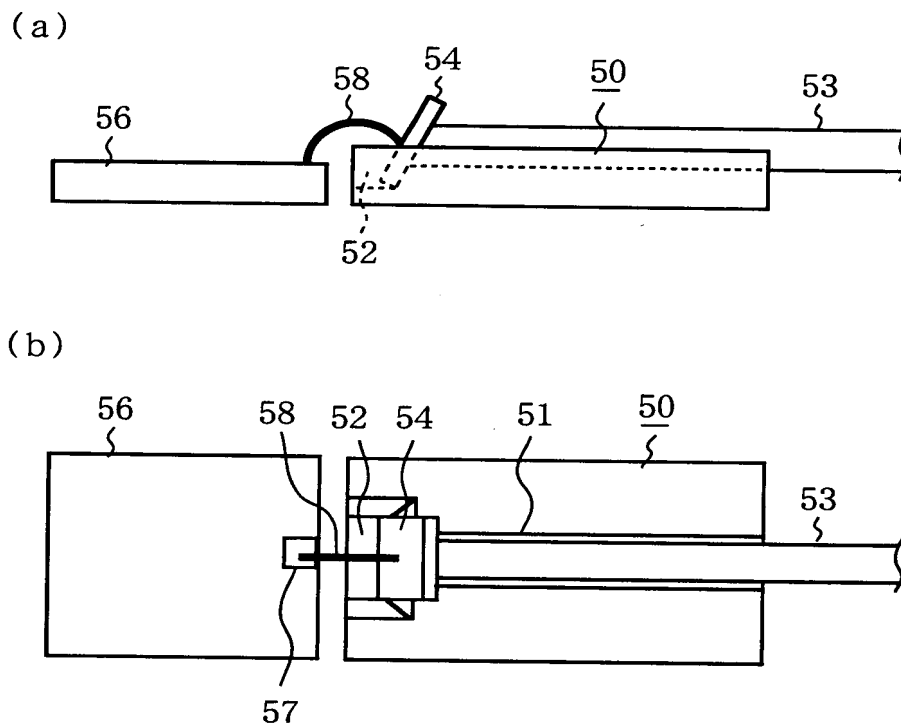
【図 14】



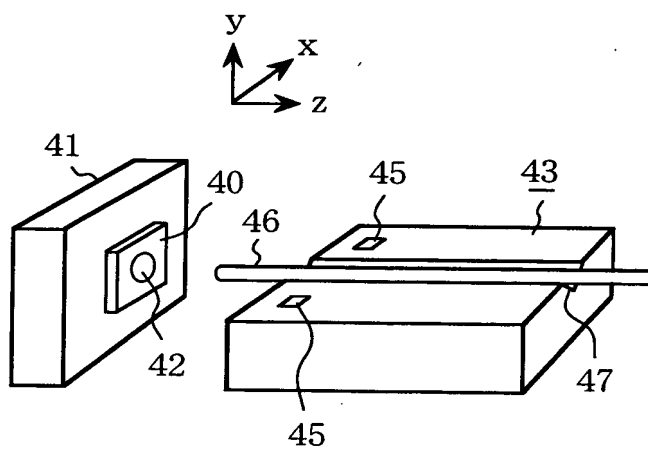
【図 15】



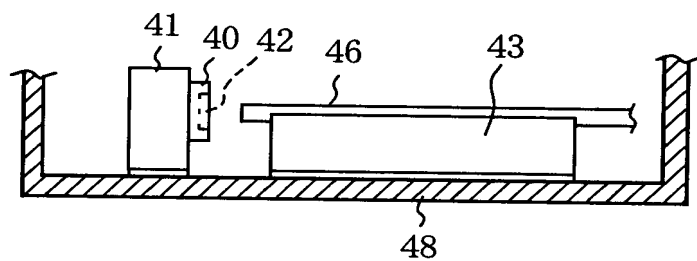
【図 16】



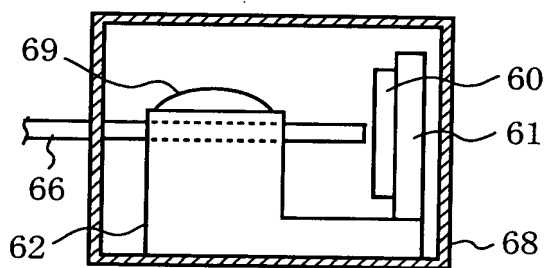
【図 17】



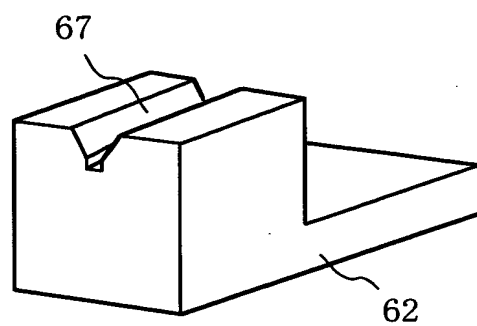
【図 1 8】



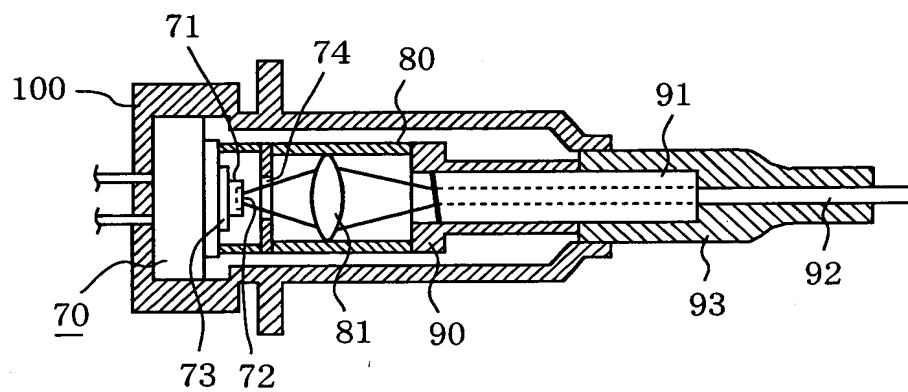
【図 1 9】



【図 20】



【図 21】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 位置精度が悪く所望の光学結合が得られないという課題があった。

【解決手段】 光モジュールは、受光面 1 1 を有する受光素子 1 が固定された一側面を有する受光素子保持部 2 と、光ファイバ 4 を保持するために上面に形成された第 1 の溝 3 1 と、上面に形成され且つ一側面から第 1 の溝 3 1 まで延びて第 1 の溝 3 1 に接続された、第 2 の溝 3 2 とを有するオプチカルベンチ 3 とを備えており、受光素子保持部 2 の上記一側面がオプチカルベンチ 3 の上記一側面に固定されているとともに、受光素子 1 の少なくとも一部が第 2 の溝 3 2 に収容されている。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006013]

1. 変更年月日 1990年 8月24日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号
氏 名 三菱電機株式会社